Ohud ja optimeerimine

Erkki Moorits

Cybernetica AS, Navigatsioonisüsteemide osakond

Loengu eesmärk

Anda ülevaade programmi võimalikest kohtadest mis võivad sardsüsteemidel ohtlikuks osutuda. Lisaks on toodud mõningad näiteid ohtlike koodilõikude ja koodi suuruse vähendamise kohta. Järgnev loeng on C keele spetsiifiline.

Ohtlikud funktsioonid ja tegevused

- Tüübi muutmine (*casting*)
- Tsüklid (do, while, for)
- Viitade aritmeetika
- Kaudsed funktsioonid (*indirect functions* või *indirect calls*)
- *Local* ja *nonlocal* goto
- Tühjad tsüklid
- Väikse *stacki* puhul suured massiivid
- Sisendandmete kontroll ja selle tegemata jätmine

Olulised erand(id)

- `malloc` ja `free` ei pruugi olla nii ohtlikud kui "suurel arvutil"
  - Paljudel juhtudel reserveeritakse draiverites puhvriteks (vms.) mälu mis on kogu süsteemi töö jooksul kasutuses
  - Pidevalt töös olva draiveri puhul pole võimalik või siis mõtekas kasutada `free`'d. Kui proovida sellisel draiveril teha staatilist koodi kontrolli siis leitakse peaaegu alati mäluleke

Tüübi muutmine (Casting) I

- Muutujate tüübi muutmine väiksema maksimumväärtusega tüübilt (ühtlasi ka väiksemalt tüübilt) suuremale ei kujuta reeglina ohtu
  - Näiteks `uint16_t` tüüpi muutuja (16 bitine) muutmisel `uint32_t` tüüpi muutujaks (32 bitine) ei kujuta piisava mälu juures ohtu. **NB! Registrid!**
- Muutuja tüübi muutmisel suurema maksimumväärtusega tüübilt väiksema maksimum väärtusega tüübile peab **alati** tegema eelneva kontrolli
  - Erandiks on ainult juhus kus ei saa suurema maksimum väärtusega muutuja mitte mingil juhul olla väiksemast muutujast suurem, näiteks kui 32 bitine muutuja on jagatud 2^17'ga ja tulemus muudetud 16 bitiseks

Tüübi muutmine (Casting) II

- Viida tüüpide (pointerite) suuremaks muutmisel tuleb olla eriti tähelepanelik, näiteks kui muudetakse 16 bitistele andmetele viitav viit 32 bitistele andmetele viitavaks viidaks.
  - C kompilaator ei anna mitte mingit vea indikatsiooni kui tüübi muutmise tagajärjel rikutakse teise funktsiooni mälu ära
  - PCle (Linuxi) kirjutatud programm mis kasutab vigast viidateisendust pannakse suure tõenäosusega kinni, kuid mikrokontrolleritel põhjustab selline viga terve süsteemi kokkujooksmise
  - Tüübi muutmist annab teha suhteliselt ohutult massiividega, näide järgmisel slaidil

Viidatüübi muutmine massiivis

```
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>

int main (void)
{
    uint8_t arr[] = {0x11, 0x22};
    uint16_t *ptr;

    ptr = (uint16_t*)&arr[0];
    printf ("arr: 0x%02x, 0x%02x\n", arr[0],
                                     arr[1]);
    printf ("ptr: 0x%04x\n", *ptr);

    /* vigane pointeri tüübi muutmine */
    ptr = (uint16_t*)&arr[1];
    printf ("ptr: 0x%04x\n", *ptr);

    return 0;
}

/* väljund */
arr: 0x11, 0x22
ptr: 0x1122
ptr: 0x2200
```

NB! kolmandal väljundreal on kaks viimast numbrit nullid, see tuleneb sellest, et operatsioonisüsteem on kas mälu eest ära nullinud (turvalisuse kaalutlustel) või on juhtunud lihtsalt tühjale alale. Sellist käitumist ei tasu eeldada teistel süsteemidel.

Tüübi muutmine (Casting) III

- Suvalise viidatüübi (näiteks `uint8_t *ptr1`) muutmine tühjaks viidatüübiks (`void *ptr2`) kaotab ära igasuguse tüübi informatsiooni
  - Sellist muutmist kasutatakse peamiselt mõningates draiverites või *CallBack* funktsioonides tundmatparameetriterite edasiandmiseks
  - C puhul on tüübi informatsioon oluline ainult kompilaatorile ja programmeerijale endale, lõplik masinkoodis programm ei erine mitte mingil määral korrektsete tüüpidega programmist

Tüübi modifikaatorite muutmine

- Tüübi modifikaatori muutimisel tugevamalt piiratud tüübist vähem piiratud tüüpi on võimalik tekitada väga raskesti leitavaid vigu
  - GCC puhul näitab selliseid teisendusi `-Wcast-qual` käsurea parameeter

```
volatile uint8 *data;
uint8_t fun (uint8_t *ptr)
{
   EnterCritical ();
   *ptr = 15;
   ExitCritical ();

   return *ptr;
}
int main (void)
{
   EnterCritical ();
   *data = 10;
   ExitCritical ();

   fun (data);
}
```

Tsüklid (do, while, for)

- Do, while ja for tsüklid on ühed enimlevinud potentsiaalselt ohtlikud koodilõigud
- Tüüpilised ohtlikud kohad
  - Threadide töötsüklid
  - Pollimine

Threadide töötsüklid ja pollimine

```
for (; 1;)
{
    if (PORTA & (1 << PA3))
        break;
    else if (PORTB & (1 << PB4))
        break;
    /* ... veel mingi kood ... */
};
/*******************************/
while (1)
{
    if (PORTA & (1 << PA3))
        break;
    else if (PORTB & (1 << PB4))
        break;
    /* ... veel mingi kood ... */
};
/*******************************/
do
{
    if (PORTA & (1 << PA3))
        break;
    else if (PORTB & (1 << PB4))
        break;
    /* ... veel mingi kood ... */
}
while (1);
```

- Threadide töötsükli juhul on võimalik jooksutada cooperative schedurereriga kernel sellise koodiga kokku, seda juhul kui ei lisata mingit ajalise viitega koodi
- Pollimise juhul on võimalik, et programm ei jõua kunagi siit kaugemale

Pollimine (korrektne näide)

```
/* maksimaalne i väärtus on 2^16 */
uint16_t i;


for (i = 0; i < 0xffff; i++)
{
    if (PORTA & (1 << PA3))
        break;
    else if (PORTB & (1 << PB4))
        break;

    /* ... veel mingi kood ... */
};

if (i == 0xffff)
    puts ("ei olnud aktiivsust");
```

Lisatud on üks 16-bitine muutuja, mille täitudes tsükkel lõppeb ja väljastatakse teade.

CYBERNETICA

Pollimine (vigane näide)

```
/* maksimaalne i väärtus on 2^16 */
uint16_t i;

for (i = 0; i <= 0xffff; i++)
{
    if (PORTA & (1 << PA3))
        break;
    else if (PORTB & (1 << PB4))
        break;

    /* ... veel mingi kood ... */
};

if (i == 0xffff)
    puts ("ei olnud aktiivsust");
```

Kuna muutuja i on 16 bitine (maksimaalväärtus on 0xFFFF), siis võrdlemine 0xFFFF 'ga annab **alati** tõese väärtuse ja tsüklist ei pruugita mitte kunagi väljuda. Kompilaator ei tarvitse seda viga tavalise hoiatuse taseme juures näidata, et näitaks tuleb gcc'l lülitada sisse **-Wall** ja **-Wextra** vigade indikatsioon.

Tsükli kasutamine lõplikus threadis (korrektne näide)

```
/* lõplik thread */

while (1)
{
    if (PORTA & (1 << PA3))
        break;
    else if (PORTB & (1 << PB4))
        break;

    /* mitteaktiivne 10 ajaühikut */
    SLEEP (10);

    /* ... veel mingi kood ... */
};

puts ("PA3 või PB4 oli aktiivne");
```

Igas tsüklis on üks 10 ajaühiku pikkune viide, selline viide annab võimaluse teistel threadidel samaaegselt oma ülesandeid täita, sh võimaluse watchdog'i taimerit nullida.

Tsükli kasutamine lõputus threadis (korrektne näide)

```
/* lõputu thread */

while (1)
{
    /* mitteaktiivne 10 ajaühikut */
    SLEEP (10);

    if (!(PORTA & (1 << PA3)))
        continue;
    else if (!(PORTB & (1 << PB4)))
        continue;

    puts ("PA3 ja PB4 olid aktiivsed");
    /* ... veel mingi kood ... */
};
```

Ajaline viide peab olema alati sellises kohas kus tsükkel käib alati läbi.

Kaudsed funktsioonid

```
#include <stdio.h>

static void fn_1(void)
{
    puts ("Hello world!");
}

void (*indirect_fn)(void) = fn_1;

int main (void)
{
    indirect_fn ();
    return 0;
}
```

- Kaudset funktsiooni kutsutakse välja kasutades selleks vastavat viita (pointerit), seejuures see viit on ise sisuliselt muutuja mille tüüp on funktsioon
- Peamiseks kasutuskohaks on kernelis scheduleriga seotud funktsioonid ja draiverid

Kaudsed funktsioonid II

```c
#include <stdio.h>

/* main funktsioon asub aadressil 0x0000 */
int main (void)
{
    puts ("Hello world!");
}

/* funktsioon bootloader täidetakse alati peale
 * resetit ning ta asub aadressil 0xff00 */
void bootloader (void)
{
   /* programmi mällu laadimine */
   ((void (*)())0x0000)();
}
```

- Kaudset funktsiooni kutsutakse saab välja kutsuda kui muuta eelnevalt antud aadress funktsiooni viidaks ning siis kutsuda välja see viit.
- Peamiseks kasutuskohaks on bootloaderisse sisenemise ja lahkumise kohad

Kaudsed funktsioonid III

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdint.h>

typedef struct fp_struct
{
    uint8_t num;
    uint8_t (*func) (uint8_t *p1);
    struct fp_struct *next;
} FP_STRUCT;

uint8_t fn_1 (uint8_t *p1)
{
    printf ("fn_1\t[p1 == %u]\t", *p1);
    return (*p1) + 1;
}

uint8_t fn_2 (uint8_t *p1)
{
    printf ("fn_2\t[p1 == %u]\t", *p1);
    return (*p1) + 10;
}
```

```
int main (void)
{
    uint8_t i, rc;
    FP_STRUCT *fn, *fn_last, *fn_first;

    fn = malloc (sizeof (FP_STRUCT)*2);
    fn_first = fn;
    fn->func = fn_1;
    fn->num = 0;
    fn_last = fn;
    fn++;
    fn_last->next = fn;
    fn->func = fn_2;
    fn->num = 1;
    fn->next = fn_first;

    for (i = 0; i < 5; i++)
    {
        rc = fn->func (&i);
        printf ("fn: %u; rc: %u\n",
                 fn->num, rc);
        fn = fn->next;
    };
    free (fn_first);
    return 0;
}
/* väljund */
fn_2    [p1 == 0]       fn = 1; rc = 10
fn_1    [p1 == 1]       fn = 0; rc = 2
fn_2    [p1 == 2]       fn = 1; rc = 12
fn_1    [p1 == 3]       fn = 0; rc = 4
fn_2    [p1 == 4]       fn = 1; rc = 14
```

Probleemid kaudsete funktsioonidega

- Võimalik tööajal funktsiooni aadressi muuta
  - Tüüpiline olukord – üks funktsioon muudab pointeriga valet aadressi (pole vahet kas pointer on suunatud valele aadressile või on tegemist vale castinguga)
- Väga lihtsalt võimalik valesid parameetreid ette anda ja vale tagastusväärtuse saada

Goto, adresseeritud goto ja setjmp/longjmp (non-local goto)

- Kõik goto käsud võimaldavad teha programmis suhteliselt suvalisi hüppeid kuid:
  - Local goto on piiratud ainult ühe funktsiooniga
  - Adresseeritud goto võimaldab tööd jätkata suvaliselt aadressilt
  - „Non-local goto“, ehk setjmp/longjmp võimaldavad hüpata ühest funktsioonist teisse funktsiooni
- Goto kasutamise juures tuleb silmas pidada järgnevaid kitsendusi:
  - Goto käsuga on võimalik üle hüpata muutujate algväärtustamistest, või siis stacki operatsioonidest
  - Goto käsk teeb reeglina koodi raskemini loetavaks

Goto ja adresseeritud goto

```
#include <stdlib.h>

static void f1 (void);

int main (void)
{
    uint8_t i;
    uint8_t j;
    void *label_2 = &f1;

    for (i = 0, j = 0; i < 7; i++)
    {
        printf ("i = %u, j = %u\n",i,j);

        if (i == 2)
            goto label_1;
        if (i == 5)
            goto *label_2;

        j++;
        continue;
label_1:
        puts ("label_1");
    };

    return 0;
}
```

```
static void f1 (void)
{
    puts ("function f1");
    exit (0);
}

/************************************/
Programmi väljund

i = 0, j = 0
i = 1, j = 1
i = 2, j = 2
label_1
i = 3, j = 2
i = 4, j = 3
i = 5, j = 4
function f1
```

Adresseeritud goto bootloaderis

```
#include <stdio.h>

/* main funktsioon asub aadressil
 * 0x0000 */
int main (void)
{
    puts ("Hello world!");
}

/* funktsioon bootloader täidetakse
 * alati peale resetit ning asub
 * aadressil 0xff00 */
void bootloader (void)
{
   /* programmi mällu laadimine */

    goto *(void*)(0x0000);
}
```

- Adresseeritud goto kutsutakse välja koos vastavale aadressile suunatud funktsiooni viidaga, peale mida jätkub programmi töö viida aadressilt
- Peamiseks kasutuskohaks on bootloaderisse sisenemise ja lahkumise kohad

Goto käskude kasutuskohad

- Goto käskudest õigustab kõige paremini oma kasutamist adresseeritud goto.
  - Kasutatakse ühe programmi lõppedes teise programmi käivitamiseks, näiteks bootloaderi lõppedes põhiprogrammi välja kutsumiseks või ohutuskriitilises rakenduses põhiprogrammi veaga lõppedes ohutust tagava funktsiooni käivitamiseks.
- Enamusjaolt kipuvad goto kasutamised näitama viletsat programmerimis praktikat

Tühjad tsüklid I

- Tsüklid mille eesmärk on ainult niisama teatud aja jooksul protsessori aega kulutada on nn. tühjad tsüklid
  - Kui võimalik, siis on parem neid mitte kasutada, vt. eelnevate tsüklite probleeme
  - Programmi täitmise kiirus tühjade tsüklite juures sõltub väga suurel määral kompilaatori optimeerimistasemest
  - Üpriski tülikas on teha tühja tsüklit mis oleks alati sama kestvusega, porditav ja ei kaoks erinevate optimeerimistega ära

Tühjad tsüklid II

```c
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>
#include <sys/time.h>

#define LOOP_MAX_VAL 0xfffffff
static long int get_tdiff (struct timeval t1,
                           struct timeval t2);

int main (void)
{
    struct timeval start;
    struct timeval end;
    uint32_t i;

    gettimeofday (&start, NULL);
    /* intuitiivne variant */
    for (i = 0; i < LOOP_MAX_VAL; i++);

    gettimeofday (&end, NULL);
    printf ("%ld us\n", get_tdiff (start,end));
    gettimeofday (&start, NULL);

    /* korrektne variant */
    for (i = 0; i < LOOP_MAX_VAL; i++)
        asm volatile ("nop");

    gettimeofday (&end, NULL);
    printf ("%ld us\n", get_tdiff (start,end));
    return 0;
}
```

```c
static long int get_tdiff (struct timeval t1,
                           struct timeval t2)
{
    long int v1 = (t1.tv_sec * 1000000 +
                   t1.tv_usec);
    long int v2 = (t2.tv_sec * 1000000 +
                   t2.tv_usec);

    return (v2 - v1);
}
```


CYBERNETICA

Tühjad tsüklid III

```
/* Optimeerimistasemega O0 kompileeritud
 * programm */
705802 us
705802 us

/* Optimeerimistasemega O3 kompileeritud
 * programm */
1 us
138594 us
```

Optimeeritud programmi töö on ühe suurusjärgu võrra kiirem kui optimeerimata programmil, lisaks on optimeeritud programmist tühi tsükkel välja jäetud

Tühjad tsükli volatile variant

```
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>
#include <sys/time.h>

#define LOOP_MAX_VAL 0xfffffff
static long int get_tdiff (struct timeval t1,
                           struct timeval t2);

int main (void)
{
    struct timeval start;
    struct timeval end;
    volatile uint32_t iv;
    uint32_t i;

    gettimeofday (&start, NULL);
    /* intuitiivne variant */
    for (iv = 0; iv < LOOP_MAX_VAL; iv++);

    gettimeofday (&end, NULL);
    printf ("%ld us\n", get_tdiff (start,end));
    gettimeofday (&start, NULL);

    /* korrektne variant */
    for (i = 0; i < LOOP_MAX_VAL; i++)
        asm volatile ("nop");

    gettimeofday (&end, NULL);
    printf ("%ld us\n", get_tdiff (start,end));
    return 0;
}
```

```
/* Optimeerimistasemega O0 kompileeritud
 * programm */
705958 us
716922 us

/* Optimeerimistasemega O3 kompileeritud
 * programm */
716922 us
138586 us
```

Selles näites on tsükli muutuja *i* asendatud muutujaga *iv*, mis on *volatile*. Muutujat mis on märgitud kui *volatile* ei optimeerita, seega võtab sellise muutuja kasutamine rohkem programm mälu ja tõenäoliselt ka RAM'i, kuna muutujat ei hoita registrites.

CYBERNETICA

Tühjad tsükli asm volatile variant

```
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>
#include <sys/time.h>

#define LOOP_MAX_VAL 0xfffffff
static long int get_tdiff (struct timeval t1,
                           struct timeval t2);

int main (void)
{
    struct timeval start;
    struct timeval end;
    uint32_t i;

    gettimeofday (&start, NULL);
    /* intuitiivne variant */
    for (i = 0; i < LOOP_MAX_VAL; i++);

    gettimeofday (&end, NULL);
    printf ("%ld us\n", get_tdiff (start,end));
    gettimeofday (&start, NULL);

    /* korrektne variant */
    for (i = 0; i < LOOP_MAX_VAL; i++)
        asm volatile ("");

    gettimeofday (&end, NULL);
    printf ("%ld us\n", get_tdiff (start,end));
    return 0;
}
```

```
/* Optimeerimistasemega O0 kompileeritud
 * programm */
706277 us
705468 us

/* Optimeerimistasemega O3 kompileeritud
 * programm */
1 us
100913 us
```

Tsüklis mis peab ainult loendama, on lisatud `asm volatile` rida, mida kompilaator ei saa välja optimeerida.

CYBERNETICA

Alternatiivne tühja tsükli variant

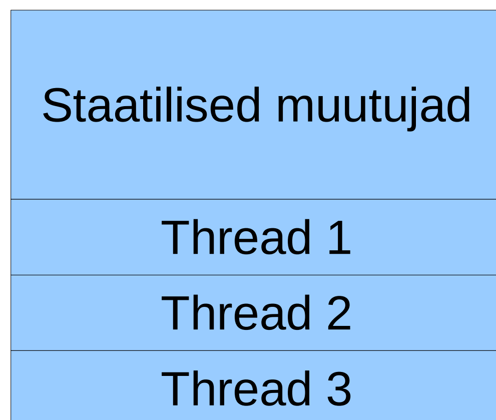
```
/* alternatiiv variant */
uint8_t val = PORTB;

for (i = 0; i < LOOP_MAX_VAL; i++)
{
    if (val != PORTB)
        break;
};
```

Kui lasta programmil võrrelda mingit kindlat registrit mis mitte kunagi ei muutu, siis ei ole võimalik kompilaatoril seda koodilõiku välja optimeerida. Selline võiks olla ka assembleris käsu nop C's kirjutatud asendus.

NB! selline tühi tsükkel ei ole porditav

Väike stack ja suur massiiv




```
void fun (void)
{
   uint8_t array_1[1000]; /* ohtlik */
   static uint8_t array_2[1000];
   uint8_t *ptr;

   ptr = malloc (1000);
   /* ......... */
   /* kui stacki suurus on alla 1000 baidi,
    * siis nüüd rikume thread 2 stacki ära */
   array_1[999] = 0xAA;
}
```

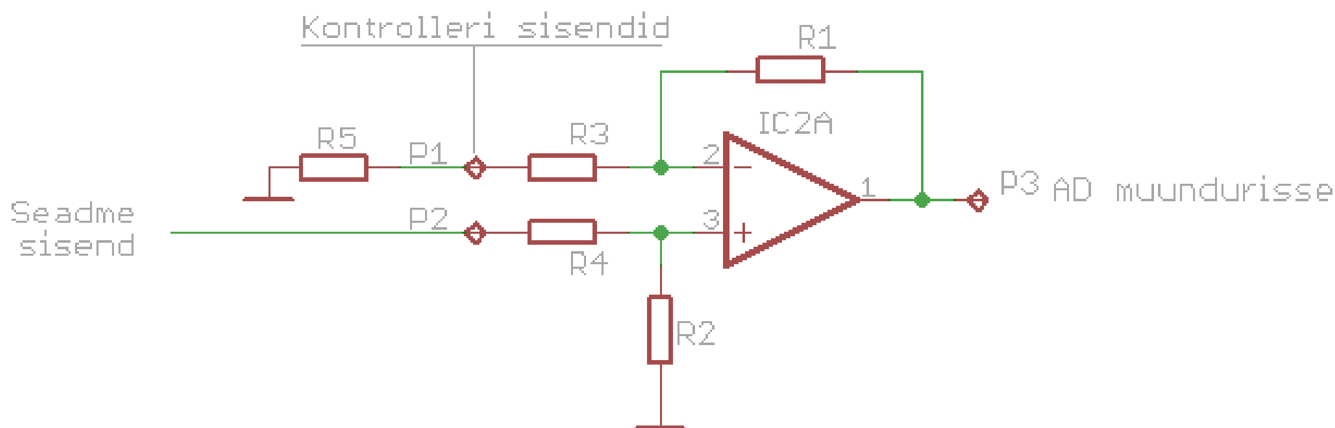
Suuri massiive ei tohi kunagi deklareerida funktsiooni sisena, nende jaoks tuleb alati võtta kas *malloc*'iga mälu või deklareerida nad staatilisena

Sisendandmete kontroll ja selle tegemata jätmine

- Kõiki sisendandmeid mille baasil võetakse vastu mingi otsus või on võimalus, et mõjutatakse süsteemi tööd tuleb alati kontrollida, näiteks:
  - Aku laadimisel aku pinge ja laadimisvoolu jälgimine
  - Süsteemidel millele on võimalik palju andmeid saata ja mis kõik pannakse enne töötlust sisendpuhvrisse, nendel tuleb kontrollida et sisendpuhvrit üle ei täidetaks (serverite puhul tüüpiline kontroll)
- Sisendandmeid mis ei ole võimelised mõjutama mitte mingil moel süsteemi tööd mõjutama, näiteks:
  - Kui ADC annab temperatuurianduri mõõtetulemuseks vale väärtuse ja see väärtus on ainult indikatsiooniks

Reaalne näide: digitaalne filter

AD muunduri väljund annab 10 bitise väärtuse, seda nii diferentsiaal sisendite puhul kui ka tavalise sisendi puhul (*single end*), kuid digitaalse filtri jaoks on vaja 9 bitist väärtust. Kui kasutada diferentsiaal sisendiga AD muundurit, ühendades ühe signaali maaga, siis on võimalik saada kohe otse AD muundurist 9 bitine väärtus



Eelmise näite käitumine reaalselt

- Kuna eelmsel skeemil pole näha mitte mingit sisendpingete piiramist, siis võib sisendisse sattuda ka negatiivne pinge, mis diferentsiaal sisendi puhul tekitab negatiivse tulemuse. Kui tegemist on märgita arvudega, siis teisendatakse negatiivne arv väga suureks positiivse arvuks.
- Eelmise näite tulemused sõltuvad ka sellest kui suured on takistid R1, R3 ja R5 – piisavalt suurte väärtuste juures võib saada valesid tulemusi

CYBERNETICA

Koodi optimeerimine

- Koodi optimeerimisega tegeleb peamiselt küll kompilaator kuid väga palju annab teha ära ka programmeerija poolt
- Mõned põhilisemad optimeerimise meetodid:
  - Kui võimalik, siis peaks võrdlustehete puhul kasutama nulli võrdlust
  - Korrutamised võiksid võimalusel olla kahe astmetena (2, 4, 8, jne)
  - Kui arvud on esitatud suurte muutujatega, kuid võrreldakse ainult madalamaid bitte, siis tuleks võrreldav enne muutuja *castida* süsteemi enda registri laiuseks muutujaks.
  - Võimalikult vähe kasutada ujuvkoma arve

Mõned märkused 8 bitiste kontrollerite kohta

- Kasutada võimalikult väikeseid muutujatüüpe
  - Muutujad väärtusega kuni 255 kasutada uint8_t tüüpi, muutujatel väärtusega 256 kuni 65535 uint16_t, jne.
- Kui võimalik, siis kasutada võimalusel märgita tüüpe
- Kui võimalik, siis mitte kasutada *enum* tüüpe, kuna tihtipeale neid muudetakse 16 bitisteks muutujateks
- Kasutada *switch* lausete asemel *if/else* lauseid (juhul kui see koodi loetamatuks ei tee)
- Pidevalt kasutuses olev mälu, näiteks puhvrid, tuleks deklareerida staatilisena

Optimeerimata funktsioon

```
/* mitteoptimaalne */
uint32_t crc32_update (uint32_t crc,
                       const uint8_t data)
{
    uint8_t i;

    crc = crc ^ data;

    for (i = 0; i < 8; i++)
    {
        if (crc & 0x01)
            crc = (crc >> 1) ^ 0xEDB88320;
        else
            crc = crc >> 1;
    };

    return crc;
}
```

Algne funktsioon, kus ei ole mingit optimeerimist tehtud

Optimeeritud funktsioon

```
/* optimaalne */
uint32_t crc32_update (uint32_t crc,
                       const uint8_t data)
{
    uint8_t i = 8;

    crc = crc ^ data;

    for (; i; i--)
    {
        if ((uint8_t)crc & 0x01)
            crc = (crc >> 1) ^ 0xEDB88320;
        else
            crc = crc >> 1;
    };

    return crc;
}
```

Eelnev funktsioon on kirjutatud optimaalsemalt ümber – tsüklis muutuja võrdlus käib nulli suhtes ja CRC võrdlusel kontrollitakse ainult nooremaid bitte

CYBERNETICA

Mittetöötav optimeeritud funktsioon

```
void foo (uint8_t y)
{
    uint8_t x = (8 + 1) * (0x0f & y);

    EnterCritical();
    /* out(x) tuleb täita 4 takti jooksul*/
    out (x);
    ExitCritical();
}
```

Näidisfunktsioon `foo` ei toimi kõrgemate optimeerimise tasemete juures, kuna kompilaator paneb kõik matemaatika tehted kriitilise sektsiooni sisse

CYBERNETICA

Swithc ja if/else

```
#include <stdint.h>

uint8_t test_switch (uint8_t a)
{
    switch (a)
    {
        case 'A':
            return 0;
        case 'B':
            return 1;
        default:
            return 255;
    };
}

/* if/else lausetega sama funktsioon */
uint8_t test_if (uint8_t a)
{
    if (a == 'A')
        return 0;
    else if (a == 'B')
        return 1;
    else
        return 255;
}
```

8 bitistel kontrolleritel tehakse mõnikord switch'i operatsioonid 16 bitise muutujaga, mis omakorda tekitab suurema koodi.

NB! Uuemad GCC (4.X) kompilaatorid suudavad mõlemad näited niimoodi ära optimeerida, et ei ole suuruse vahet

CYBERNETICA

Swithc'i default võti

```
#include <stdint.h>

uint8_t test_switch (uint8_t a)
{
    switch (a)
    {
        case 'A':
            return 0;
        case 'B':
            return 1;
        case 'C':
            return 255;
    };
}

uint8_t test_switch (uint8_t a)
{
    switch (a)
    {
        case 'A':
            return 0;
        case 'B':
            return 1;
        default:
            return 255;
    };
}
```

Iga switch lause peab sisaldama default võtit.

Switch lause puhul tuleks alati leida selline lause mis vastab kõige üldisemale olukorrale ning see ümber nimetada default võtmeks. Sellise ümbernimetamisega saab ära kaotada vähemalt ühe protsessoripoolse võrdlustehte

CYBERNETICA

Staatilised ja globaalsed muutujad

- Staatilisi ja globaalseid muutujad ei ole mõtet algväärtustada nulliks
  - Programmi käivitudes nullitakse eelnevalt kõik staatilised ja globaalsed muutujad ära ning peale nullimist kopeeritakse vastavatele aadressidele algväärtused

Makrod ja static inline funktsioonid

```
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>

#define fun1_m(x) {x = x / 3; \
                   printf ("  x = %d\n", x);}

static inline void fun1_i (uint8_t num)
{
    num = num / 3;
    printf ("num = %d\n", num);
}

int main (void)
{
    uint8_t y = 60;
    uint8_t z = 60;

    printf ("1: y = %d; z = %d\n", y, z);
    fun1_m (y);
    fun1_i (z);
    printf ("2: y = %d; z = %d\n", y, z);

    return 0;
}

/* programmi väljund */
1: y = 60; z = 60
  x = 20
num = 20
2: y = 20; z = 60
```

Makrode asemel tuleks kasutada static inline funktsioone, kuna sellisel juhul kapseldatakse muutujad funktsiooni sisse.

Static inline funktsioonide puhul tuleks kasutada kolme käsurea võtit: -Winline, -finline-functions ja -fno-keep-inline-functions

Koodi staatiline kontroll

- Kompilaatori poolne
  - `Wall` ja `Wextra` võtmetega
- Väliste programmidega
  - Splint (lint'i edasiarendus)
  - Frama-C
  - Blast (Berkeley Lazy Abstraction Software Verification Tool)
  - Sparse (Linuxi kerneli koodi staatiline kontroll)
  - Clang (C, C++ kompilaatori front end)

Kompilaatori poolne kontroll

- Kompilaatori poolne programmi kontroll võimaldab avastada enamuse vigu mis programmerimise käigus on tehtud.
  - Missiooni ja ohutuskriitilisi programme ei ole mõtet ilma kompilaatori poolse kontrolli lubamiseta teha (seda lisaks välistele kontrollidele)
- GCC'l on mõtekas sisse lülitada nii `Wextra` kui ka `Wall` kontrollid
  - Need kontrollid küll ei katkesta (enamusjaolt) kompileerimist, kuid lisavad üpriski palju vigadest teavitamise infot. Et nende kontrollidega katkestada kompileerimist tuleks lisada veel ka `Werror` võti

Koodi kontroll Splintiga

- Toimib sarnaselt kompilaatori eelprotsessorile, on tunduvalt põhjalikum, kuid:
  - Splint teeb ainult staatilist koodi kontrolli ja väljastab teateid võimalike ohtklike kohtade kohta koodis
  - Splint on võimeline leidma ainult koodisiseseid ebakooskõlasid
- Splinti peamisteks puudusteks on:
  - Splint ei ole mõeldud sardsüsteemidele ning võib tekitada sellega suurt segadust
  - Tavaliste testide ajal suhteliselt suur veateadete arv, mis omakorda nõuab iteratiivset splinti kasutamist
  - Splintis on mitmeid omavahel vastuolulisi teste

Kodeerimis stiil/standard

- Ühe projekti raames tuleks jääda kindlalt mingi kodeerimis stiili või standardi juurde
  - Kõige hullem asi mis saab ühes projektis olla on see kui on terve projekti jooksul muudetud mitu korda stiili, selline tegevus raskendab oluliselt programmi lugemist ning võib tekitada ka vigu
- Kui ei ole veel mingit välja kujunenud stiili, siis on mõtekas valida mõni tuntud stiilidest
  - Allman (ANSI)
  - K & R

„Viitsütikuga pomm“ I

```
void RunTimeInit(void)
   {
   register uint8_t temp0=0;
      wdt_reset();
      //ScanMatrix();

      for(temp0=0;temp0<60;temp0++) Kar.Karakt[temp0]=0xE4;
               #if (TESTMODE==1)
                  for(temp0=0;temp0<=DB_KarLEN;temp0++) Kar.Karakt[temp0]=0xE4;
                  for(temp0=temp0;temp0<=(DB_KarLEN*2);temp0++) Kar.Karakt[temp0]=0x64;
               #endif
      Kar.Karakt[temp0]=0x00;
      Kar.Karakt[127]=0;  //Igaks juhuks, kuigi viimane peab alati null olema

      /* veel koodi */
   }
```

„Viitsütikuga pomm“ II

```
int main (void)
{
//  INITSIALISEERIMISED...
register uint8_t *reg1;
register uint8_t treg2,treg3;
   CRC_TableCalc();                              // CRC=R17:R16
   SignatureTest();

   reg1=(uint8_t*)0x210;
   treg2=*reg1;
   reg1++;
   treg3=*reg1;

   for (reg1=(uint8_t*)0x100;(uint16_t)reg1<(uint16_t)0x900;reg1++) *reg1=0;

   reg1=(uint8_t*)0x210;
   *reg1=treg2;
   reg1++;
   *reg1=treg3;


   Status.Hoiatused_RAM=0;
   if ( *((uint16_t*)0x0210) !=( (pgm_read_byte((0x7E00<<1)-1)<<8)+pgm_read_byte((0x7E00<<1)-2)   )) Status.Hoiatused_RAM|
=(1<<CRC_Error);
   EInc2Byte((uint16_t*)&Eepr0.StartCounter);

   init();
   /* veel koodi */
}
```


CYBERNETICA

Kokkuvõte

- Tüübi muutmine juures tuleb jälgida suuremast väiksemasse tüüpi muutused
- Tsüklite kasutamisel peab olema kindel, et tsüklil on lõpu tingimus või siis tsükkel ei võtaks kogu ressurssi endale
- Sisendandmeid tuleb (peaaegu) alati kontrollida
- Ühe projekti raames peab olema kindel kodeerimise stiil